

И. А. Бабенко, В. Л. Шульман

Уральский федеральный университет, Екатеринбург

sesohkanysty@mail.ru

АНАЛИЗ ИТОГОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ ДЛЯ СУПЕРСВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАРА

В статье описывается расчетная тепловая схема для блока на суперсверхкритические параметры. Приведены результаты её расчета для различных начальных состояний. Проанализированы перспективы роста КПД энергоблока.

Ключевые слова: суперсверхкритические параметры; угольная энергетика.

I. A. Babenko, V. L. Shul'man

Ural Federal University, Ekaterinburg

ANALYSIS OF FINAL INDICATORS OF DIFFERENT HEAT SCHEMES FOR ULTRASUPERCRITICAL PARAMETERS

The article describes the calculated thermal scheme for the block on super-supercritical parameters. The results of its calculation for various initial states are given. Analyzed the prospects for increasing the efficiency of the unit.

Key words: ultra-supercritical parameters; coal energy engineering.

Основным направлением развития тепловой энергетики в передовых в промышленном отношении странах, наряду с совершенствованием газовых и парогазовых технологий, является создание и эксплуатационное освоение современных энергетических блоков большой мощности, сжигающих угольное топливо и работающих на суперсверхкритических параметрах пара (по западной

терминологии USC – ultra super critical, российское обозначение – ССКП), отвечающих современным требованиям по экономичности, экологическим воздействиям, надежности и ресурсу [1].

Для расчетов нами была выбрана схема с турбиной мощностью 500 МВт. Так как повышение начального давления до $p_0 = 30$ МПа приводит к уменьшению расхода пара через первые ступени турбины и соответственно уменьшает внутренний КПД турбины. Поэтому необходимо увеличивать расход пара, что приводит к увеличению мощности турбоагрегата. Также в схемном решении использован двойной промперегрев. В цикле с применением двойного промперегрева степень сухости на выходе из турбины значительно выше, что приводит к уменьшению потерь потока влажного пара и росту эффективности ЦНД [2].

Применение двойного промперегрева пара может улучшить эффективность энергоблока на 1,1 %. Также в схеме предусмотрена регенерационный нагрев питательной воды до 300 °С, что также влечет за собой увеличение КПД цикла

На рис. 1 представлена предварительная схема движения пара через проточную часть турбины. Также показано схемное решение организации двойного промперегрева, путём создания ЦСВД-ЦВД (цилиндра сверхвысокого давления и высокого давления) [3].

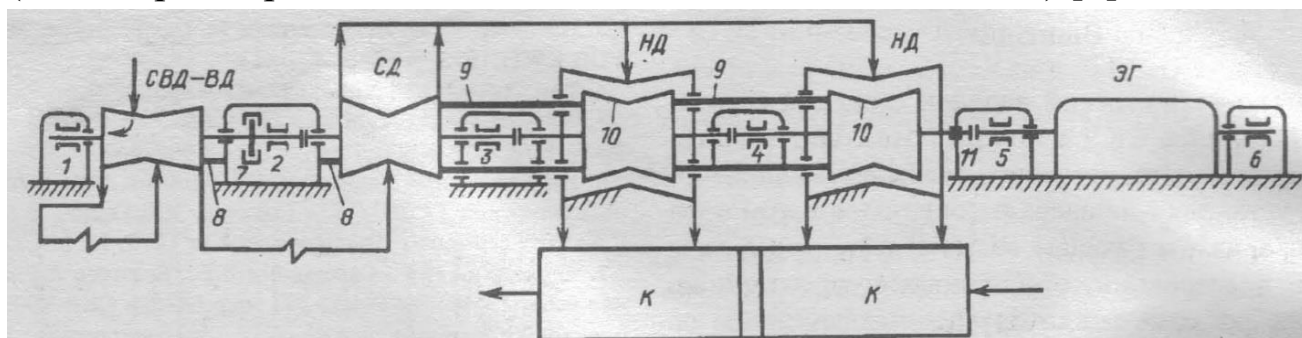


Рис. 1. Схема паровой турбины, работающей на суперсверхкритических параметрах пара

В сводной табл. 1 представлены предварительные результаты расчётов. Данные расчетов достаточно неплохо соотносятся с уже полученными данными уже введенных в промышленную

эксплуатацию блоков на суперсверхкритических параметрах пара. Эти данные представлены в табл. 2 [4].

Таблица 1

Предварительные результаты расчётов

p_0 , МПа	t_0 , °С	$t_{пп}$, °С	$t_{ппп}$, °С	КПД брутто, %	$b_y, \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}$
23,5	545	545	—	38,1	310
25	565	565	—	42,1	292
28	570	580	—	45,3	273
30	580	600	600	48,9	252
30	600	610	610	51,2	231

Таблица 1

Данные введенных в промышленную эксплуатацию блоков на суперсверхкритических параметрах пара

Название станции	Год ввода в эксплуатацию	p_0 , МПа	$t_0/t_{пп}/t_{ппп}$, °С	КПД брутто, %
Япония, Кавагое-1	1989	30,5	566/566/566	41,9
Германия, Шгаудингер 5	1992	26,2	545/562	43,0
Дания, Альборг	1997	28,5	580/580/600	49

Анализ различных источников [1, 3, 4–7] показал, что существуют различные способы ещё сильнее увеличить общий КПД блока. Связанные улучшения применимы именно для блоков с суперсверхкритическими параметрами, т. к. вызваны особенностями строения и конструирования.

Общая картина по увеличению КПД представлена на диаграмме (рис. 2).



Рис. 2. Увеличение КПД блока

Проведенный анализ показывает большую перспективу повышение КПД энергоблоков. Снижение расхода топлива влияет не только на экономическую составляющую прибыли электростанции, но также и на экологическую.

В современных условиях всё более и более ужесточающегося экологического законодательства. Во многих развитых странах уже давно успешно используются технологии суперсверхкритических параметров. Поэтому можно смело утверждать, что на данный момент это лучшее решение для энергоблоков на твердом топливе.

Список использованных источников

1. Саввина Я. Г. К вопросу создания пылеугольного энергоблока на суперсверхкритические начальные параметры пара // Сб. докладов XX Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск : Нац. исслед. Томский политехн. ун-т, 2014. С. 171–172
2. Бабенко И. А., Шульман В. Л. перспективы станций на ультрасверхкритических параметрах // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : Материалы Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти профессора Данилова Н. И. (1945–2015) – Даниловских чтений; г. Екатеринбург, УрФУ, 11–15 декабря 2017. Екатеринбург : УрФУ, 2017. С. 76–79.
3. Трухний А. Д., Костюк А. Г., Трояновский Б. М. Пути совершенствования отечественных паротурбинных установок и целесообразность создания пилотного энергоблока на сверхвысокие параметры пара // Теплоэнергетика. 1997. № 1. С. 2–8.
4. Лыков В. С., Осинцев К. В. Перспективы развития энергоблоков суперсверхкритических параметров в России // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере : материалы Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов, ученых. Челябинск : ЮУрГУ, 2014. Т. 2, № 1. С. 212–222.
5. Лисянский А. С., Цветков К. О. Паровая турбина К-660-26,5 на суперсверхкритические параметры производства ОАО «Силовые машины» // Новое в российской электроэнергетике. 2012. № 11. С. 26–31.
6. Гурьянова А. А., Ревенко А. Ю. Разработка и исследование элементов перспективной паровой турбины на суперсверхкритические параметры пара // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика : тезисы докладов XXIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. В 3-х т. Т. 2. М. : МЭИ, 2017. С. 248.
7. Карзов Г. П., Теплухина И. В., Филимонов Г. Н., Матюшева Е. Л., Зотова А. О. Перспективы создания высокохромистых сталей повышенной жаропрочности // Вопросы материаловедения. 2009. № 2 (58). С. 5–23.